

船橋当直における他船情報支援システムモデルの構築

著者	大竹 祐一郎
学位授与機関	東京商船大学
学位授与年度	1996
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00000636/

修 士 論 文

船橋当直における
題 目 他船情報支援システムモデルの構築

指導教官 今津隼馬 教官

課 程 名 商船システム工学専攻

学籍番号・氏 名 94101 大竹祐一郎

平成 9 年 1 月 31 日 提 出



もくじ

第1章 はじめに

1.1 研究の目的	1
1.2 支援の考え方	2
1.3 論文の構成	4

第2章 操船者に対する情報支援

2.1 操船者の情報収集	6
2.1.1 操船者が必要とする他船情報	6
2.1.2 船橋における情報伝達経路と特徴	11
2.1.3 言葉の分類	17
2.2 ARPAのおこなう情報提供	19
2.2.1 情報表示の方法に関する問題点	19
2.2.2 表示の切替方法に関する問題点	21
2.2.3 情報解析に関する問題点	21
2.3 操舵手のおこなう指令解析と情報処理	24
2.3.1 船橋当直における操舵手の役割	24
2.3.2 操船者からの指令の解析とそれに対する操舵手の対応	26
2.3.3 操船者への報告後の対処	28
2.3.4 入手した情報の処理	29

第3章 情報支援システムと他船情報限定モデルの構築

3.1	情報支援システムの概要	31
3.1.1	情報支援システム導入の意義と問題点	31
3.1.2	情報支援システムに求められる機能	32
3.2	システム構成要素の機能要件	35
3.2.1	指令解析機能	35
3.2.2	指令実行機能	37
3.2.3	情報出力機能	37
3.2.4	情報獲得機能	38
3.3	情報伝達機能の要件	39
3.3.1	入出力インターフェ이스の音声化	39
3.3.2	情報伝達のインタラクティブ性	41
3.3.3	情報処理のマルチ処理化	43
3.4	他船情報支援システムモデルの構築	44
3.4.1	入力文の解析	46
3.4.1.1	操船者との会話の流れの分類	46
3.4.1.2	操船者からの言葉の分類	50
3.4.1.3	パターンマッチ型構文解析	52
3.4.1.4	言語データベース	54
3.4.1.5	過去の指令の保存	56
3.4.2	他船情報の処理と情報データベース	57
3.4.2.1	必要情報の特定方法	57
3.4.2.2	情報生成機能	59
3.4.3	操船者の意図を確認するための機能	60
3.4.4	出力文の作成	61

第4章 他船情報支援システムモデルの実現と評価

4.1 他船情報支援システムモデルの実現	63
4.1.1 処理の概略	63
4.1.2 入力文解析部における処理	65
4.1.3 主処理部における処理	67
4.1.4 出力文作成部における処理	70
4.2 他船情報支援システムモデルの評価	73
4.3 情報支援システムの評価	76

第5章 まとめ

謝辞

参考文献

第1章 はじめに

1.1 研究の目的

最近の船舶の大型化や船舶交通の輻輳化に伴って、船橋当直での操船者への負担が大きくなっているといわれる。操船者の負担軽減のためとして、さまざまな機器が船橋に導入されてきた。現在、船橋には数種類の情報収集装置が導入され、それら装置の性能や表示項目は標準に基づいて設計されている。しかし船橋内での情報収集機器の配置や表示の位置は、それぞれの船によってまちまちであるのが現状である。

通常の航海中の当直には、操船者と操舵手の2名があたっている。操舵手は、情報収集機器から得た情報や自らの目視で得た情報をもとにして、操船者の情報収集作業を支援している。この支援は情報の提供のみならず、情報を得るための機器の調整などの作業も含まれる。しかし、最近では乗組員の少人数化が進められ、この流れでは操舵手も人員削減される可能性がある。現在の当直体制および情報支援体制のまま操舵手がいなくなったとき、操船者にとって情報の入手のための作業が増え、操船判断が困難な状況に陥ることが予想できる。

このような現状に対応できる、操船者にとってよりよい情報支援について検討されなければならないと考える。

幸い、近年のコンピュータ技術の発達はめざましいものがある。機械による情報処理が高速化され、また、音声認識・合成技術も進歩している。それによって、支援のための機器の性能の向上するが期待される。

操舵手から操船者に提供される情報は、操舵手による情報処理を経ている。操船者が一人で当直をおこなえるためには、操舵手に代われる機能を持つ機器が求められる。本論文では、操舵手の情報処理を検討し、情報支援システムがどうあるべきか検討した。さらに、他船情報に限って支援を行う他船情報支援システムモデルを構築した。

1.2 支援システムの考え方

船橋において、操船者と機械・機器類との関係を、マンマシン系と捉えることができる。そのシステムがいかようであるかは、構成要素である人間と機械、それを繋ぐインターフェースの3点で検討される。

マンマシン系において、人間に求められる操作が複雑である場合や人間の作業量が過大である場合には、ヒューマンエラーが発生しやすくそれが事故につながる可能性がある。支援システムとは、マンマシン系における人間の負担を現状よりも軽減することができるものであると考える。

図1-2のように人間と機械との間に支援システムを導入する場合、支援の対象として、情報処理の観点から支援するものとインターフェースの点から支援するものの二つが考えられる。人間の欲しいものを出力できる、人間の望む方法で入出力できる、という支援を検討したい。

支援システムの導入によって船橋当直者が一人になる可能性がある。当直に複数人数が当たっていれば、お互いに補完しあうことができ、船舶の運航が中止されることはない。導入された支援システムに損傷が発生したとしても、それが系全体すなわち船舶の運航に影響を及ぼすことがないように設計されなければなら

ない。

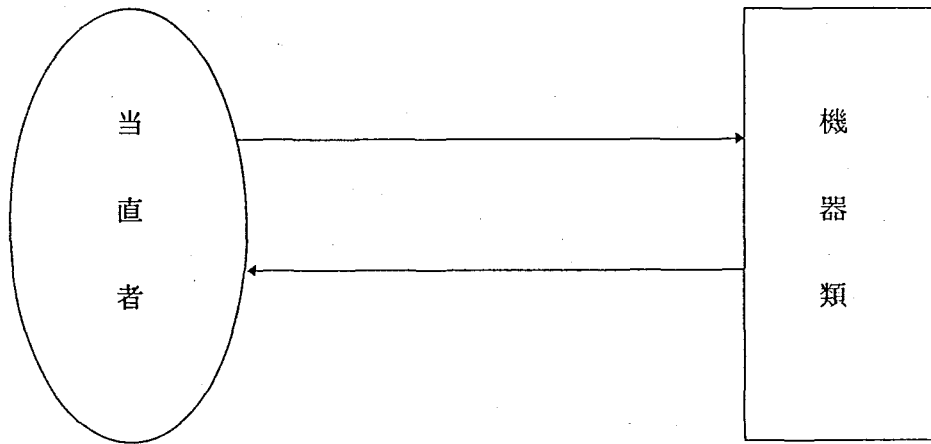


図 1-1 現在の船橋のマンマシン系

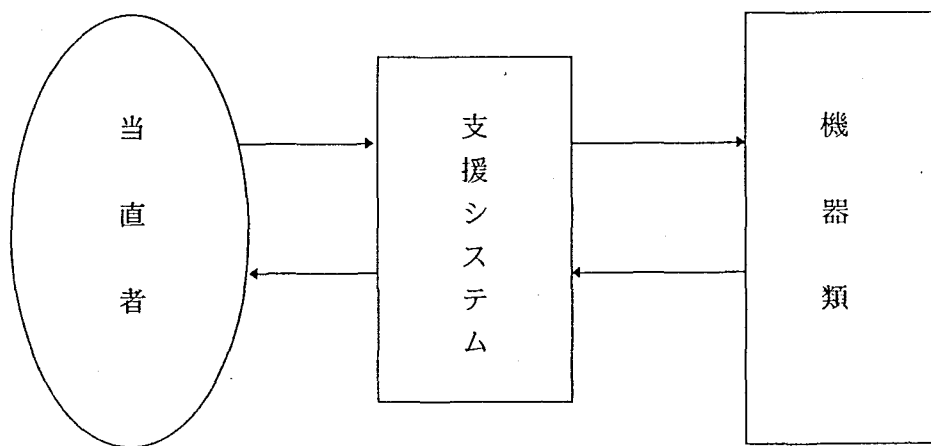


図 1-2 支援システム導入後のマンマシン系

1.3 論文の構成

本論文の構成を、図 1-3 に示す。

本論文では、まず、現在の当直を検討した。現在の当直体制は、操船者、操舵手、情報収集機器の 3 つの部分からなる。この体制の中で、操船者への支援がどのように行われているか、その特徴について検討した。

次に、操船者にとってどのような支援がよいのかを、現状の解析をもとに検討した。それにもとづいて、支援システムの持つべき機能要件をまとめた。

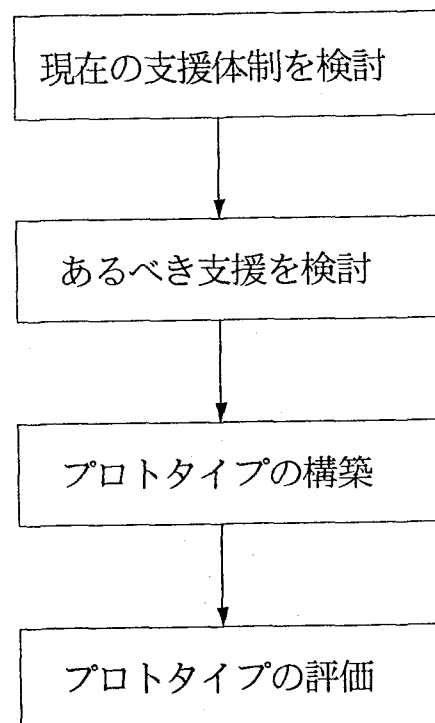


図 1-3 論文の構成

そして、検討した機能をもつプロトタイプモデルを構築した。取り扱う情報を他船情報に限り、操船者の指令の処理と他船情報の処理の部分を主体にしたモデルである。モデルの構築には、プログラミング言語 AWK を用いた。プログラミング言語 AWK は表 1-1 に示すような特徴をもっている。プロトタイプモデルで行うパターンマッチ型構文解析や表形式の情報データの取り扱いに適していると判断し、AWK を採用することにした。

さいごに、構築したプロトタイプモデルの評価を行い、問題点を検討した。

表 1-1 プログラミング言語 AWK の特徴

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 正規表現を使った文字列のマッチング機能が強力である2. 変数に型がないので宣言が不要である3. 表構造のデータの取り扱いに長けている |
|---|

第2章 操船者に対する情報支援

操船者に対するよりよい情報支援を考えると、どのような方法でどのような情報を支援するのがよいのかを考える必要がある。そのために、まず現状の解析をする必要がある。

2章では、現在の船橋当直において、操船者、操舵手、情報収集機器類がどのような関係にあるのかを検討する。まず2.1節で、操船者がどのような情報を必要としているかをのべる。さらに、操船者がそれらの情報を得るのにどのような経路があるのか、それぞれの経路はどのような特徴をもつのか、について述べる。そのあと2.2節、2.3節において、操船者に対する情報提供のために、ARPAや操舵手がどのような役割をはたしているのか、問題点は何かを述べる。

2.1 操船者の情報収集

2.1.1 操船者が必要とする他船情報

操船時には自船周囲の他船について、安全に航過できるかどうか、避ける場合にはどのような動作をとるべきか、といった判断を下さなければならない。

このために操船者が必要とする情報は、表2-1の情報とされている。これらの情報は、操船者また情報収集機器によってそのまま獲得されるものではなく、操船者が収集する情報、操舵手が収集する情報、ARPAやレーダが収集する情報、をもとに操船者が加工して得ている。

表 2-1 操船に必要とされる情報

避航必要情報	内容
安全航過距離情報	
相対位置と相対運動情報	目標の相対位置 相対位置の時間変化による観測相対運動情報の解析 目標の行動 自船と目標に働く外力 目標と自船の行動による予測相対運動情報の解析
避航環境情報	海域条件 気象海象条件 目標の種類と状態 航海法規や慣習 運動性能

これらの情報の元となる情報は、「人の見張りによって収集される情報」と「情報収集機器によって収集される情報」の二種類に分けられる。人は主に視覚と聴覚によって情報を得ている。もちろん人とは、操船者と操舵手の両方である。

人と情報収集機器の両方で収集できる情報であっても、それぞれには特徴があり、操船者は適宜使い分けている。操舵手が操船者からの情報要求に回答する場合にも、操船者の質問のニュアンスやその時の自船の状況にあわせて、情報を示している。

表 2-2 に、人の見張りによって直接得ることが出来る情報しめす。これらの多くは、人が他船を観察することで得ている情報である。方位や距離、針路や速力といった情報は、他船と自船の現在の関係を把握したり、他船の将来の行動を予測するために使用される情報である。また、色や船種といった情報は、その他船

を識別し、今後の観察のために記憶される情報である。また、

- ・ 特定するための情報＝加工はなされない
- ・ 操船のための元情報＝適宜加工される

という特徴が見られる。

表 2-3 には、情報収集機器によって収集される情報を示す。操船者が情報収集機器から得る情報には 2 つのパターンがある。それは、

- ・ 情報収集機器に表示される情報
- ・ 情報収集機器を看視することで得られる情報

の二つである。つまり情報収集機器ではその時その時の瞬間の情報は示すが、時間変化に関する情報は人自身が求めなければならないということである。船橋当直の場面では、操舵手がこの加工の作業を行ってその結果を操船者に出力している。

もちろん、操船者の使用する情報は、一次情報よりも加工された情報の方が多い。

表 2-3 情報収集機器によって収集される他船情報

情報入手する方法	入手できる情報
情報収集機器に表示される情報	周囲の他船の存在状況 相対方位 絶対方位 距離 真針路 相対針路 真速力 相対速力 DCPA TCPA 他船運動ベクトル
情報収集機器を看視することで得られる情報	相対位置変化 相対方位変化 距離変化 針路変化 速力変化 DCPA 変化 TCPA 変化 運動ベクトル変化

表 2-2 人の見張りによって直接得られる情報とその収集手段

人の見張りによって直接得られる情報	操船者の収集手段
相対方位 相対方位変化 距離 相対距離変化 相対針路 相対針路変化 相対速力 相対速力変化 形 色 大きさ 灯火・掲象物 船種 アスペクト アスペクト変化	視覚
汽笛信号	聴覚

2.1.2 船橋における情報伝達の経路とその特徴

現在の船橋における人や機械との間の情報の流れを、図 2-1 に示す。

現在の通常の船橋当直体制では、船橋には操船者のほかに操舵手が配置される。人間はこの 2 名である。操船者は得られた情報に基づいて操船の判断を下し、Q/M は操船者の情報収集を援助する。操船者も操舵手も、人間というセンサーとして外界から直接情報を収集する役割も持つ。また船橋には、人の情報収集を援助するために幾つかの情報収集装置が備えられている。情報収集装置類は、情報源から得た情報を操船者と操舵手に提供している。

図 2-1 より、操船者は情報を得るために図中 A、B、C の 3 本の経路を使用していることがわかる。それぞれの経路についての比較を表 2-4 に示し、後に詳しく述べる。

表 2-4 情報伝達経路の比較

比較項目	A 経路	B 経路	C 経路
使用される操船者の感覚器	聴覚	視覚	視覚
他作業との並列作業の可能性	○	△	△
必要情報の選択性	○	○	△
操船者に対する支援程度	○	△	×
伝達の双方向性	○	○	×

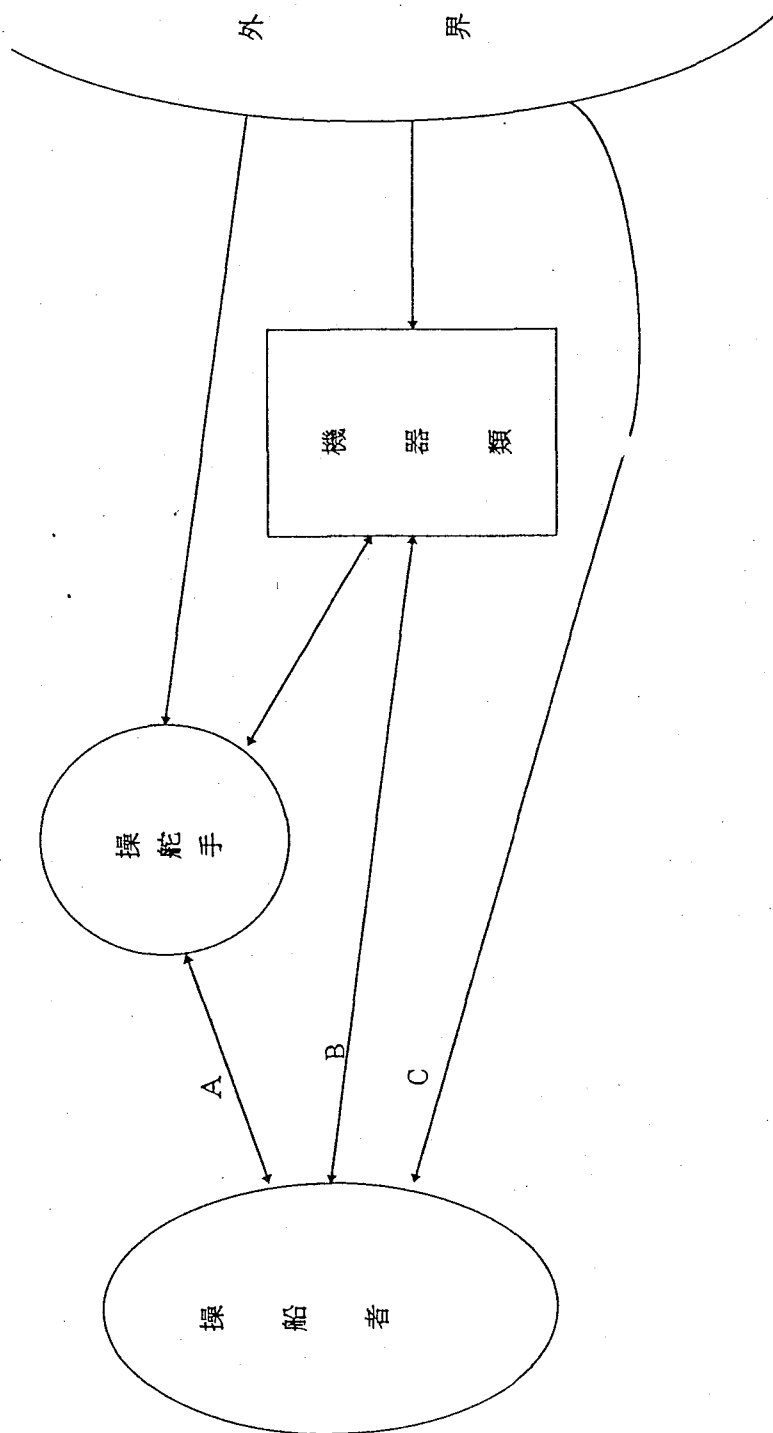


図 2-1 現在の船橋における情報の流れ

(1) A 経路による情報伝達の特徴

A 経路は、操船者が操舵手から情報を得るルートである。

このルートでは、操船者は音声によって操舵手と情報のやり取りをする。操船者は自らも視覚による見張り作業を行わなければならないので、音声で情報の要求が出来ること、音声で情報の提供を受けられることは、操船者にとって望ましいことである。

操舵手は、操船者の動作を見ていて、その上で情報を提供するタイミングや提供する情報を決定していると考えられる。操船者が気づいていないような他船に関する報告と、さっきから注意している他船に関する報告では、操舵手の報告には違いがある。また、操船者から情報を要求された場合には、的確な情報を出力することが出来る。もし即座に要求された情報を出力できない場合には、操船者からの要求を受領した旨を報告して（アンサーバック）、得られている情報だけを報告するとか、その情報が得られてから報告するといった方法をとる。得られている情報だけを出力するということは、操船者の求める情報よりもレベルの低い段階で報告するということである。足りない部分を操船者が補う必要があるが、それは最小限に限られていると言える。得られている情報だけを報告するか、その情報が得られるまで待つて報告するか、操舵手はその場の状況によって判断をしている。操舵手は、自分が得た他船情報と操船者の動きから、操船者にとって最もよい加工程度と最もよいタイミングを判断していると言える。

最もよいといっても、それは操舵手が下した判断であり、操船者がどう感じるかはわからない。しかし、A ルートは双方向である。もし操船者にとって都合が

悪ければ、操船者から操舵手に対し、更なる要求が出されるであろう。このような操舵手の判断とそれに対する操船者の反応から操舵手が学習し、よりよい情報提供がなされるようになっていくと考えられる。

(2) B 経路による情報伝達の特徴

B 経路は、操船者が情報収集装置から情報を得る経路である。

現在の情報収集装置における情報表示方法は、視覚に訴えかける表示方法が多く採られている。ディスプレイやパネル上に数字や図で表示されたり、ランプが点滅して知らせたりする、という方法である。この方法では、操船者がその表示を見なければ情報が伝達されないという問題点がある。所定の場所に情報が表示されているかどうかさえ、その場所を見なければわからない。また、情報の変化を得たいような場合には、しばらくの間数字や図の変化を観察し、その変化から操船者自身が解釈をしなければならない。

情報収集装置によっては、警報を音で示すものもある。音の種類によってある程度の内容は判るものの、具体的な問題については操船者が情報表示を見て判断しなければならない。

操船者は、情報収集装置では得ることのできない情報を得るために、見張りという作業を継続して行わなくてはならない。情報収集装置からの情報を得るために見張り作業が中断されることは最小限でなければならない。

また、たとえば他船を特定するとき、人は自分の視覚で捉えた特徴で判断する。しかしその情報を情報収集機器に記憶させることはできないので、操船者は視覚と装置の表示を比べて同定する作業を行わなければならない。

ARPAをはじめとする情報収集機器は、人というセンサーが収集できない情報を収集し提供してくれるという点で必要不可欠であると言える。しかしその情報提供は、悪く言えば情報のたれ流しであり、操船者が欲しいと思った時に欲しいと思った情報を提供する体制にあるとは言い難いものがある。情報が欲しいと思った時に、自ら表示を見ればよいかというと、そうではあるまい。自分が他船に注視していても情報収集機器の情報を得られる体制が望まれる。

情報収集機器から操船者への出力は上に述べた。操船者から情報収集機器へは、表示方式の変更や警報のスレシオールドの設定ができる。これらの値は自船の置かれた状況で刻々変化するものであり、適切に自動的に変更されたほうが操船者にとってはありがたいであろうと考えられるが、現在の情報収集機器ではそうはいかない。現在の設定でほしい情報が適切に表示されていない場合、その情報が表示されるように設定を変更することから始めなければならないのが現状である。

(3) C 経路による情報伝達の特徴

C 経路は、操船者が自らの視覚で情報を得る経路である。他船情報についていえば、操船者が自船周囲を見て、他船に関しての情報を獲得するということである。

操船者は視覚によって情報を得るが、このルートで収集される情報は、現在の情報収集機器では得ることができない情報が多い。

もちろん操船者が操船のために使用する情報が、そのまま瞬間的に得られるわけではない。いくらかの継続した観察という結果として、役に立つ情報の大部分を入手できるわけである。

この経路では、情報源からの情報の出方の制御＝情報収集機器でいえば表示の設定の変更、をすることは不可能である。だから、継続した観察が必要である。目を離した間にに得たい情報があったりすることもあるだろう。

操船者の立場では、こういうことから、この観察作業は他からの影響で中断されたくないものである。

操船者は、情報に基づいて操船のための判断を下すが、自らも一つのセンサーとしての機能を果たしている。

2.1.3 言葉の分類

船橋当直中に操船者が話す言葉について、以下に分類する。

(1) 操船者の言葉の分類

①指令する場合

・機器操作の指示

操船装置も含めて、いろいろな装置の操作を指令するものである。このうち、操船装置の操作については、操船オーダという定形言葉がある。操船オーダ以外は、定形文ではないが、よく行われる操作に関してはほぼ定形といえる言葉が使われるようである。

・情報の要求

例えば、他船に関する情報を求めるものである。操舵手はこのとき情報収集機器を操作して、操船者の要求にみあう情報を出力する。操船者はある情報を要求しているのであり、それがどこに表示されているかとかどのようにすれば入手できるかという点は関知しない。

- ・ 自分の判断結果の通知

自分がどのような操船判断を下したかを操舵手に伝えておくような場合である。たとえば「あいつをかわしてから変針しよう」という場合である。これによって操舵手は、さまざまなことを予測できるようになる。操船者に対して情報を発する場合にも、このような情報が報告するかどうかの閾値の決定に関わってくる。

- ②返答する場合

- ・ 問いかけに対する返答

操舵手から質問があった場合などに返答する。操船者からの指示が漠然としたものであったら、操舵手は具体的に聞き返すであろう。また、操船者の声がよく聞こえなかったときには、もう一度話してくれるように聞き返す。

- ・ 単純な返事

操舵手からの報告を了解した場合などに行う、単純な「はい」「了解」という返事のことである。言葉自体には意味はない。しかし返事があったかなかったかは、操舵手にとって次の行動を考える上で問題である。

2.2 ARPA の行う情報提供

ARPA は、レーダで収集された情報を解析し、より使いやすい情報を提供する装置である。操船者および操舵手に対し、数値表示、画像表示、音響表示の三種類の方法で情報を提供する。

ARPA を使用することで、操船に非常に役に立つ情報を得ることが出来るが、いくつか問題となる点もある。

2.2.1 情報の表示方法に関する問題点

(1) 画像表示

ARPA は情報を画像表示するという特徴をもっている。ARPA の画像表示によって、自船を中心としたある範囲内の海域の状況を一目で捉えることができる。このことは情報を収集する上で非常に有効な点である。

しかし操船者は、自分で視認した他船と ARPA 画像上の他船を同定しなければならない。他船が多く存在するようなときなどには同定しにくい場合がある。もし ARPA が船種や船体の色など、操船者が捉え使うような特徴を獲得し表示できるならば、他船の同定作業はより簡単になるであろう。

また、ある他船に注目して画像表示をその瞬間だけ見ても、十分な情報を得ることはできない。なぜなら、その瞬間には、他船のその瞬間の情報だけしか読み取れないからである。画面の一瞬の観察でつかめるものは、相対方位、距離、運

動ベクトルから相対針路、速力であろう。じっさい操船の参考となる情報を得るためには、画面上に表示された他船の映像を観察し、その相対的な運動を確認することが必要である。

(2) 数値表示

操船者はこの ARPA の数値情報を、自分の視認した情報の確認に使用していると考えられる。たとえば、単に自分が 5 マイルくらいと感じた他船の ARPA での距離はいくらかを見るという使い方である。また、ある他船の存在を確認したときその距離情報を得ておいて、その船が近づいてきたかなと感じられるとき、再び距離情報を得て数值的に比較するという使い方もある。

船舶の操船において、ARPA で示される細かな数字情報に頼らないといけない場面は濃霧の場合であろう。これ以外の場合では、どちらかというとき自ら視認した情報によって操船していて、ARPA の情報は補助的なものになっていると考えられる。

なお、数値表示される値のうち DCPA、TCPA は、ARPA によってしか得られない情報であり、数値表示しかなされていない。この値は、まず、あるスレシオールドより大きい小さいかという使われかたをする。この場合にはある一瞬の値が得られればよい。また、DCPA、TCPA の時間変化の情報が使われる。この場合には、操船者が数値を観察し変化を求めなければならない。

(3) 音響表示

ARPA で音声表示されるのは、補足していた目標をロストしたこと、ガードリングに侵入した目標があること、を示す場合である。これは他船の情報というよりも ARPA に関する情報であるが、他船情報と同様に重要な情報である。

ARPA の音響表示は、自船に関係するかもしれない他船の出現や変化が起こったことを操船者に知らせるものであり、その内容を発しているとは言い難い。操船者に「こっちにきて確認してください」と言っているものである。操船者が ARPA を確認できない場合には、この情報は無意味になってしまう。

2.2.2 表示の切替方法に関する問題点

ARPA の表示器にどの情報を表示させるか、どのような形で表示させるのか、などは変更することが出来る。また、画像表示の調整も出来る。しかしその操作は、人間が画面やパネルを見ながら行うものである。

そのような操作を行うために、操作する前にその方法を学習しなければならない。また、人間の目と手を拘束する重たい方法である。

2.2.3 情報解析の問題点

ARPA の情報解析には、次のような問題点を有する。ARPA を使用する上で注意されなければならない。

- (1) 乗り移りが生じても報告されない。

何らかの理由で乗り移りが発生しても、そのことは操船者にほうこくされない。なぜなら、ARPA 自身は乗り移りというものを解さないからである。操船者にとって乗り移りの現象であっても、ARPA はその現象を急な変針などと理解している。

- (2) 一時的なロストターゲットでも警報が発せられる。

海象の関係などで、他船がある瞬間ロストターゲットとなった場合、ARPA はこの現象で警報を発する。その他船が数スキャンの後に現れたとしても、ARPA は同一船と理解することはできない。

- (3) ターゲットの追尾開始について

ARPA にターゲットの追尾を始めさせる方法として二つの方法がある。一つは、自動でターゲットの収集をさせる方法である。この方法では、波や雲が映像として捉えられていたりするとそれらを捉えてしまうことがある。

もう一つは、操船者か操舵手が手動でターゲットを登録する方法である。このばあい、操船者か操舵手が ARPA の画像を観察し続けている必要がある。

(4) 情報の解析の方法

操船においては、その瞬間の方位や距離よりも、相対的な方位や距離の時間変化の情報を多用すると考えられる。なぜなら、まず相手船の将来の行動を予測して、その予測から自船が何らかの行動をとる必要があるか判断し、また、予測される相手船の行動に対応した自船の避航行動を決定するからである。ARPA の示す情報のほとんどがそのときの瞬間の情報であるため、操船者が ARPA 情報をさらに解析する必要がある。

操船者は、時間変化の情報も必要とする。他船に関して時系列方向にも解析が行われるべきである。

2.3 操舵手のおこなう指令解析と情報処理

2.3.1 船橋当直における操舵手の役割

船橋当直において操舵手は、舵を操作するだけでなく、外界に対しての見張り作業や情報収集機器の看視作業も行っている場合が多い。これは、操船者の情報収集、操船判断の作業を支援するためである。

操舵手は操船者に対して支援をおこなうために、操船者からの指令や情報を解釈する作業を行う。そして、その解釈に基づいて、情報を提供したり機器の操作を行う。機器操作も情報を入手するための一つの作業である。

操舵手への入力出力項目は、図 2-2 に示す通りである。このとき操舵手のおこなっている処理は、操船者からの指令の解析と獲得した情報の処理である。この操舵手の行っている処理作業の流れを、図 2-3 に示す。

操船者からの指令は、操舵手に情報を求めるものと機器の操作を指示するものの二種類に分けられる。操舵手はこの二つを区別し、それぞれに対処している。

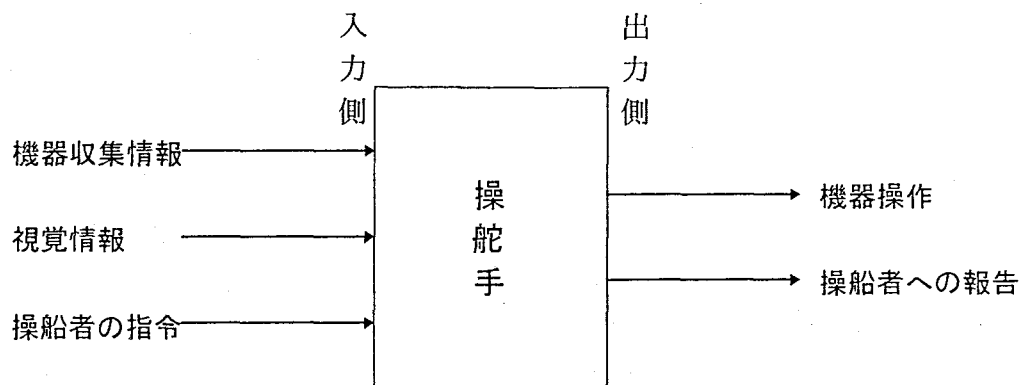
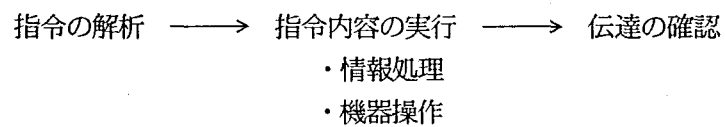


図 2-2 操舵手に対する入出力

①操船者からの指令の処理の流れ



②情報の処理の流れ

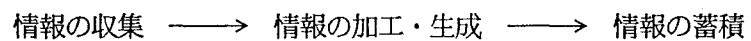


図 2-3 操舵手のおこなう 2 つの作業の流れ

2.3.2 操船者からの指令の解析とそれに対する対応

(1) 情報提供の指令を受けた場合

操舵手は、操船者の指令を受けた後、その指令を遂行するためにおこなうべき具体的な作業を判断する。例えば、操船者から「右の船の距離はいくらか」と情報を要求されたときに、まず、

対象船は、自船の右にいる他船すべて

対象情報は、距離

と解釈する。距離情報は、レーダから得られる一次情報で間にある。右にいる船が一隻だったら、「右の船の距離は 2 マイルです」と単純に回答することが出来る。しかし、その船が自船とほぼ同じ針路で航行している場合だったら、「本船より少し遅い同航船です」という速力に関する情報も付け加えて報告するであろう。もし自船に向かってくる針路をとっているのなら、「ベアリング値に変わります」と付け加えるであろう。操舵手は、なぜ操船者が右にいる船の距離を聞いたのか、その距離を知ってどうするのか、を考えた上でどのような回答をするか判断している。

また、「あぶない関係の船はいるか」と聞かれたら、

あぶない関係とは、衝突しそうな関係にあること

衝突しそうであるとは、方位変化がなく接近していることで判断できると考えて、

方位情報（一次情報）の時間変化

をチェックする。このとき、自船対ある他船の関係を検討するのはもちろんであるが、自船周囲特に自船前方で、他船同士がそのような関係にないかどうかをチェックする。それは、自船前方で衝突回避行動がとられた場合に、現在は問題がない他船と見合い関係が発生する可能性があるからである。操船者からは「あぶない関係の船はいるか」という質問であったが、操舵手は「現在あぶない関係の船はいるかどうか、将来あぶない関係になりそうな船はいるか」を検討しているのである。

上に挙げた例のように、操舵手は操船者からの指令に対して単純に答えるだけでなく、自船の置かれた状況も判断して、必要と思われる情報も提供しているのである。

(2) 機器操作の指令を受けた場合

また、操船者への指令には、機器操作を命じるものもある。言葉で命ずる場合もあるし、直接言葉には現れなくとも機器操作の意図を含んでいるものもある。

たとえばレーダの使用について考えてみると、具体的に「6 マイルレンジにしておいて」と指示される場合もあれば、「あの他船映っていないのか」と言われる場合もある。

「6 マイルレンジにしておいて」と指示されたら、6 マイルレンジにすることはもちろんであるが、映像の映り具合の調整も行う。操舵手の対応として、ただ 6 マイルレンジに切り替えて放って置くことはありえない。

「あの他船映っていないのか？」といわれたときには、映像の調整を試みる。操船者の「あの他船映っていないのか」という言葉から、あの他船は映っていて

もおかしくない、という気持ちを受け取っている。

操舵手は、操船者の指令を言葉そのままに実行するのではなく、操船者の意図するところを解析して対応しているわけである。

2.3.3 操船者への報告後の対処

情報を確実に伝達するためには、伝達のために発した言葉が相手方にちゃんと伝わったかどうかを確認しなければならない。操舵手は、情報出力をした後、操船者の反応を見ることができる。操船者の反応というのは、操舵手が発した言葉を操船者が聞き取ったかどうか、操舵手の出力内容が十分だったか不十分に感じているのか、などである。

操船者が言葉で了解した旨を述べてくれれば、確実に伝達されたことが確認できる。また、操船者の身振りや動作から判断することができる。この身振り手振りなど言葉以外で相手の意志を得る方法は、ノンバーバルインターフェイスといわれる。このノンバーバルインターフェイスについては、現在研究が進められている。

もしも報告が了解されたかどうかかわらなければ、再度その情報を出力するか、確認したかどうかを尋ねる質問をして、操船者の反応を得られるように努める。この処理は、確実に情報を伝達するためのフィードバック系になっているといえる。

2.3.4 入手した情報の処理

操舵手は、情報収集機器と自らの視覚や聴覚によって情報を獲得している。操舵手は操船者と違って、常に視覚による情報を収集していなくともよいので、随時、情報収集計器の表示を見ることができる。その意味で、情報収集機器で収集される情報と人間の感覚によって収集される情報ともにまんべんなく収集することができているといえよう。

操船に必要な情報は、直接収集できる情報つまり一次情報だけではない。もちろん操船者から要求される情報も一次情報だけではなく、それらを加工しなければ得られない情報もある。操舵手は獲得した一次情報をフィルターに通して操船者に出力するが、それだけでなく、それらを一度貯めて処理を行う。その処理とは、例えば、ある他船を中心とする情報に変換する処理であったり、ある情報について時間変化を求める処理だったりする。操舵手が情報を取り扱うときに注目していると考えられる事項を表2-5に掲げる。

表 2-5 操舵手の情報の扱い方

情報の追尾	情報別に追尾 船舶別に追尾
相対変化の基準	自船中心 他船中心
時間変化	現在 ある時間内での時間変化

操舵手の情報の加工は、操船者の要求に応じて行われるというよりは、操舵手が情報を入手した時点で加工してしまっている。加工済みの形で、操舵手の記憶に蓄積されている。もちろん、操舵手の中に細かな数字が記録されているのではなく、おおまかな変化とか動きということで記憶される。もし細かな値が聞かれても、このおかげですぐに対応できるはずである。

第3章 情報支援システムと他船情報限定モデルの構築

第2章では、操船者が他船情報を得るときの現状について述べた。現在の船橋当直体制では操舵手が重要な役割を果たしていることが分かる。しかしその一方で省人化が進められ、一人当直体制も検討されている。

第3章では、操船者に対してよりよい情報支援を行うための、他船情報支援システムの導入を検討する。

3.1 情報支援システムの概要

3.1.1 情報支援システム導入の意義と問題点

船橋当直に、第2章で検討したような有能な操舵手に匹敵する支援能力をもつ情報支援システムを導入すれば、操舵手の役割をこの支援システムで置き換えることが出来る可能性がある。そうなれば、操船者一人での当直も可能になろう。コンピュータによる支援システムは、決められた処理を遂行する能力には優れる。その点で、現在の操舵手よりも早く正確な情報出力が出来るはずである。処理できる情報の量も多くできると思われる。現在の ARPA のもつ問題点の幾つかも解決できると考えられる。

しかし、人間の特徴である柔軟さは失われることになる。人間の行う閾値の決定や情報の選択は、その状況に応じて非常に柔軟に対処される。この問題を克服するには、システム処理にファジィや AI といった機能を取り入れたりする必要がある。

あろう。

支援システム導入後の船橋における情報の流れを、図 3-1 に示す。図 2-1 と比較して欲しい。システム導入後には、現在操舵手が行っている作業を支援システムに行わせている。そのために問題となるのは、操舵手は外界と ARPA から他船情報を入手しているのに対して、支援システムは自ら外界から他船情報を入手することが出来ないことである。これは、人間が行う見張り作業に相当する情報収集装置がないためである。

支援システムが人間の収集する情報を持たないと、操船者と情報のやり取りをするなかの、他船を特定するような場面で問題が出ると思われる。操船者は人間が捉えやすい情報で他船を特定するが、そのような情報は人間にしか収集できない情報であることが多いからである。

操船者の言う他船と支援システムの示す他船が一致しないと、必要な情報が伝わらないことになる。この点はシステムの構築において検討されなければならない。

船橋当直の中にこのようなシステムを導入する場合に問題となるのが、システムが故障した場合の対処である。システムが故障して船舶の運航が出来なくなるようなことがあってはならない。今回構築する支援システムが故障した場合、操船者にとって図 3-1 の A' 経路が失われることになる。しかし、B' 経路と C' 経路には影響が無く、船舶の運航が出来なくなってしまうような事態に陥ることはないと思う。

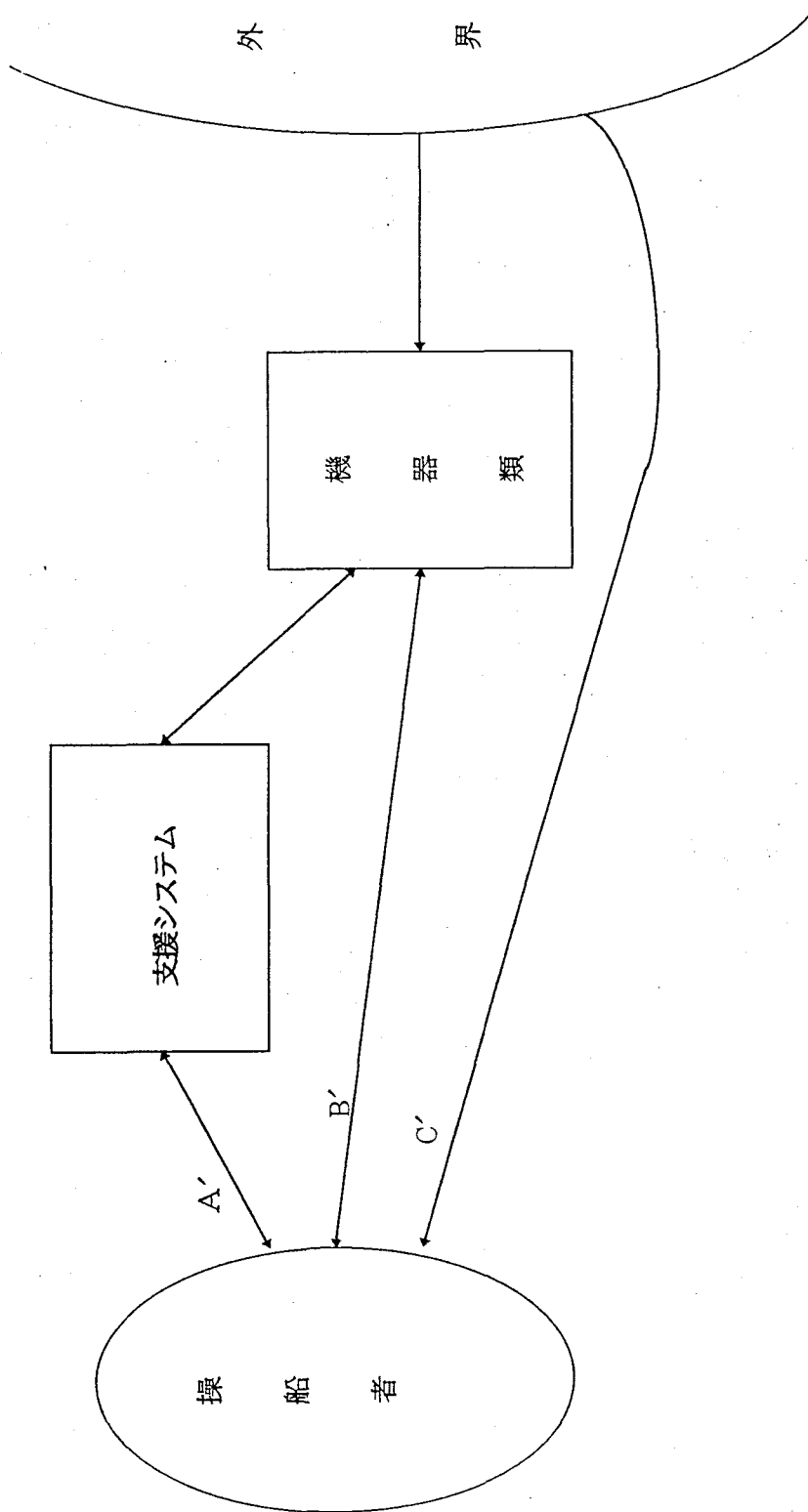


図3-1 システム導入後の船橋における情報の流れ

3.1.2 情報支援システムに求められる機能

情報支援システムのもつ機能は、操船者を十分に支援できるものであるべきである。そのためには、下記のような機能が求められる。

(1) 操船者からの指令に関して

- ・ 指令の解析、理解ができること
- ・ 指令内容を実行できること
- ・ 指令の実行結果を出力できること

(2) 情報に関して

- ・ 必要な情報を獲得できること
- ・ 一次情報を適切な形に加工できること

(3) 情報伝達に関して

- ・ 操船者が船橋内のどこにいても伝達できること
- ・ 操船者がおこなう見張り作業をできるだけ妨げないこと

3.2 節から、このような条件を満たすためのシステムの仕様要件について検討する。

3.2 システム構成要素の機能要件

情報支援システムの構成を図 3-2 に掲げる。それぞれの機能について、以下に検討していく。

3.2.1 指令解析機能

操船者からの指令を解析して、具体的にどのような作業を行うべきなのかを導き出す機能である。操船者からの入力、日本語の音声である。したがって、この機能は更に次の機能から成ると言える。

(1) 音声認識機能

入力された音声を漢字かな混じり文に直す機能である。

(2) 言語解析機能

漢字かな混じり文を解析し、操船者の意図を得られるよう分析する機能である。

(3) 言語辞書

解析に必要な言葉を格納しているデータベースである。

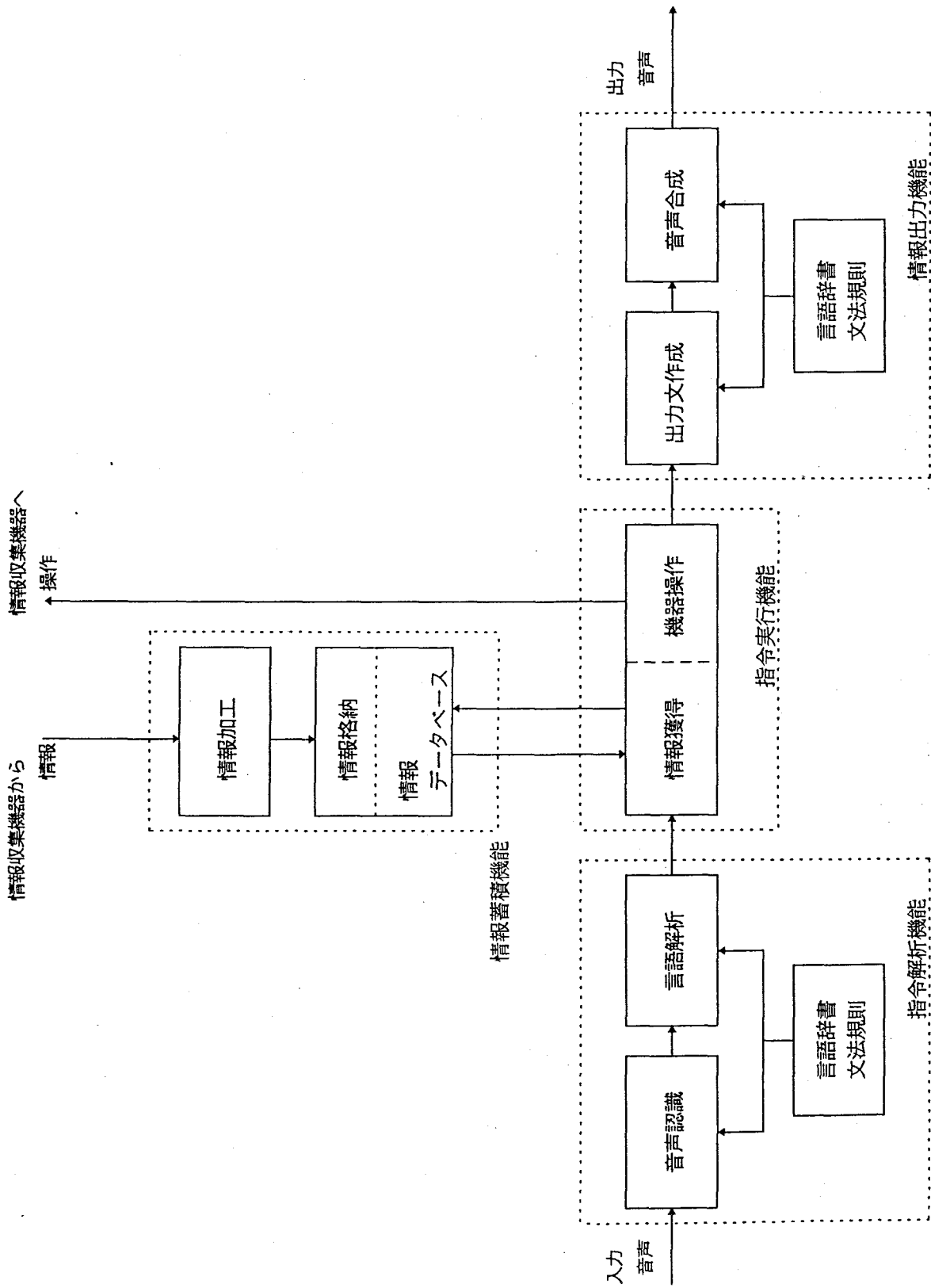


図 3-2 情報支援システムの構成

3.2.2 指令実行機能

操船者が何を望んでいたかが解ったら、その内容を実行する。操船者の指令は、機器の操作か情報の要求である。したがって、次の機能が必要である。

(1) 機器操作機能

対象となる情報収集機器の設定変更など、機器操作を行う機能である。

(2) 情報獲得機能

情報データベースから、必要な情報を得る機能である。

(3) 情報生成機能

情報データベースにはない情報を、情報データベースから得られる情報を元に生成できる機能である。

3.2.3 情報出力機能

システムからの情報出力をするための機能である。システム自身の状態なども”情報”である。操船者に対しては音声で出力するので、出力文を作成した後、音声合成処理が必要である。

(1) 出力文作成機能

システム内の中間表現を、日本語文に直す機能である。主語述語の関係や修飾

語について、文法に合うように加工する機能を有する。この機能では、漢字かな混じり文を出力する。

(2) 音声合成機能

作成された漢字かな混じり文を音声に直す機能である。音声化された後、出力される。

(3) 言語辞書

文作成に必要な言葉を格納しているデータベースである。

3.2.4 情報獲得機能

(1) 情報加工機能

情報収集機器から入手される一次情報を加工する機能である。データベースの構成に合わせて情報を加工するわけである。

(2) 情報格納機能

情報をデータベースの所定の場所に収める機能である。

(3) 情報データベース

情報を格納しているデータベースである。

3.3 情報伝達機能の要件

3.3.1 入出力インターフェ이스の音声化

操船者が船橋当直時におこなう作業とそれに使われる感覚器、人間にとっての聴覚視覚の特徴から、人間の操船者とシステムとのインターフェースには音声を用いるのがよいと考える。人間の聴覚視覚には、表 3-2 に示す特徴がある。この点から判断して、音声インターフェースを導入することは大きなメリットといえる。

当直中、操船者は視覚でもって船外から他船情報を収集しなければならない。この視覚作業を阻害しなくても操船者とシステムとの情報交換が出来るという点で、音声インターフェースを導入することが必要である。しかしすべての情報を音声化して流すことが出来るわけではない。第 2 章で述べたように ARPA の情報には、画像として表示されることで理解しやすいものがあり、それらを音声で伝えようとしても理解は難しいと考えられる。

現在の情報収集装置から操船者への情報提供は、ほとんどが視覚的な表示である。そのため、操船者が情報を得るためには、船橋内を移動して表示装置を見ることが条件である。操船者が表示器を見なければ、どんな情報も伝わらない体制である。情報を音声を媒体として伝達することで、操船者が音声を聞ける場所にいればどこにいても情報を伝達することが出来るようになる。船橋内はもちろん、船橋とは別の場所にいても同じ情報を伝達することが出来る。これは将来、操船に必要な情報のすべてを情報収集装置で得られるようになったときに大きな役割

表 3-2 人間の感覚器の特徴

	感覚器 (機能)	特徴
入力側	目 (見る)	<ul style="list-style-type: none"> ・情報を受けるのに人間の側の指向性が強い。つまり表示器を見なければ情報が伝わらない。さらに、見ても見えていないかもしれない。人の注意を喚起するという点では、耳の能力に劣る。 ・色彩、位置、形状、点滅など、表示の選択の幅が広い。 ・同時に何種類かの情報を伝えることができる。 ・ディスプレイ表示のように、人の直感に訴える表示も可能である。 ・複雑な表示系では、デザインによって解りやすさに差が出る。
	耳 (聞く)	<ul style="list-style-type: none"> ・音には指向性が少ないので、どちらを向いても受け取ることができる。 ・聞こうとしていない人にも聞こえる。つまり、注意喚起に適する。 ・意味が伝わりにくい。各信号音の意味が混乱しやすい。 ・言葉を除くと、あまりたくさん種類の信号は使えない。 ・複数の信号を同時に使うことは出来ない (マスキング効果)。
出力側	口 (話す)	<ul style="list-style-type: none"> ・自由である。 ・使える言語が決まっている。
	手 (差す、触る)	<ul style="list-style-type: none"> ・多機能である。 ・豊富な作業を行うことができる。 ・正確さ、速さに優れる。時間的に連続する作業やたて続けにおこなう一連の作業にも適する。 ・同じ機能を果たさせるにしても手の使い方の要素はたくさんあり、それぞれの場合で難易差が変わってくる (手を動かす距離、方向、高さ、指か掌か手首を使うか、など)。 ・細かい作業に適しているが、大きな力 (圧力) を出す作業には弱い。

を果たすであろう。

現状では、操船者から情報収集機器への入力、手による操作である。この操作は機械によってまちまちである。そのため、この操作を効率よく行うために、操船者は操作方法について事前に学習しなければならない。この操作部分が音声で行えるとなると、操船者の負担は確実に減少すると思われる。

また、機械の側までいかなくても指示が出来ることになり、視覚を使う見張りと同時に情報の要求などを出来るようになる。

しかし、情報の表現が言葉での表現に限られてしまうので、細かな点を伝達しにくくなる。情報を画面に表示するならば、幾つかの情報を常に表示しておくことができる。音声表示では、そのときに一つの情報しか示すことが出来ない。操船者が幾つかの情報を処理した上で操船判断を下すようなとき、一つずつ報告していてよいのだろうか。これを解決するには、支援システムで情報の加工を行う必要があると考えられる。

このように、情報支援システムのインターフェイスとして音声インターフェイスを導入するにあたり、マイナス面はシステムでの処理方法や操船者との会話のしかたの工夫により対処する必要がある。また、操船者とシステムの意志疎通が図れなかったときのために、既存の情報収集機器はそのまま配置するようにすることも必要であろう。

3.3.2 情報伝達のインタラクティブ性

この情報支援システムの導入により、図 3-1 に示したように、外界から支援システムへ直接情報が伝達される経路がなくなってしまう。その場合の問題につい

ては 3.1.2 で述べたが、その問題を解消するためには、操船者と支援システムとが何度か意見交換をしてお互いの情報の擦り合わせを行うことが必要である。

たとえば、操船者が「赤い船」を指したとする。しかし、システムは自ら「赤い」という情報を得ることは出来ない。システムは自分の持つ情報から「赤い船」を特定することができなかつたので、操船者に対して別の情報で特定するよう要求するのである。操船者から別の情報を得て目的の他船を特定できたら、操船者の求める情報を出力するとともに、その他船が「赤い」という属性を持つことを記憶する。意志疎通ができると同時に、「赤い」という情報がシステムのデータベースに収められるわけである。

さらに、インタラクティブであれば、システムから操船者に対して情報の必要不必要を問い合わせることも可能になる。まず大まかな情報を出力し、細かい情報は操船者の要求にしたがって出力する、という方法がとれる。操船者が欲しい情報のみを詳細に出力することが可能となるのである。

インターフェイスの音声化によって、操船者は情報表示から離れることができるようになる。しかし、情報の表現が言葉での表現に限られてしまうので、細かい点を伝達しにくくなる。細かい点を伝達するために、操船者とシステムの間で何度か質疑応答を行う必要が出てくることが考えられる。

音声の伝達は、雑音に妨害されやすいとか、聞き逃したら再度聞き直さないといけない、といったマイナス面もある。また、音声による情報伝達は、情報伝達レートが低い。これらの点を補うためにも、インタラクティブ性を生かして必要最小限の情報支援ができるようにすべきである。

3.3.3 情報処理のマルチ処理化

今回構築する情報支援システムでは、そのインターフェイスとして音声を用い、操船者とのインタラクティブ性を確保すると述べた。

操船者からの情報要求やシステムからの情報提供は、情報を一つ一つ片づけていけばわけではない。操船者とシステムが話題にしている情報とは別の情報であっても、必要が生じたときにはその情報を報告できなければならない。

そのために支援システムでは、幾つかの情報に関する話題を同時に扱えなければならない。会話の流れや情報の特定の仕方などを判断して、どの話題なのか判断できる機能が必要になる。

3.4 他船情報支援システムモデルの構築

ここまで操船者に対する情報支援システムについて検討した。本節では、対象とする情報を他船に関する情報に限定した情報支援システムの処理部を、他船情報支援システムモデルとして構築する。この他船情報支援システムモデルの構成図を、図 3-3 に示す。操船者に対する処理は、入力文解析部、主処理部、出力文作成部の 3 つの部分でおこなわれる。

本節においては、操船者からの指令がどのように処理されるべきかを検討する。したがって、音声認識および音声合成の技術は組み込まず、システムに対しての、操船者からの入力ひらがな文、操船者への出力は漢字かな混じり文とした。入力および出力をこのようにしておけば、将来音声認識部分および音声合成部分を接続するときも、容易に接続することができると考えられる。

プロトタイプモデルの構築に当たり、操船者が具体的にどのような言葉を用い、どのようなを要求しているのか、分析する必要がある。それをもとにして処理系を構築すれば、より操船者に近づいたものとなると考えられる。

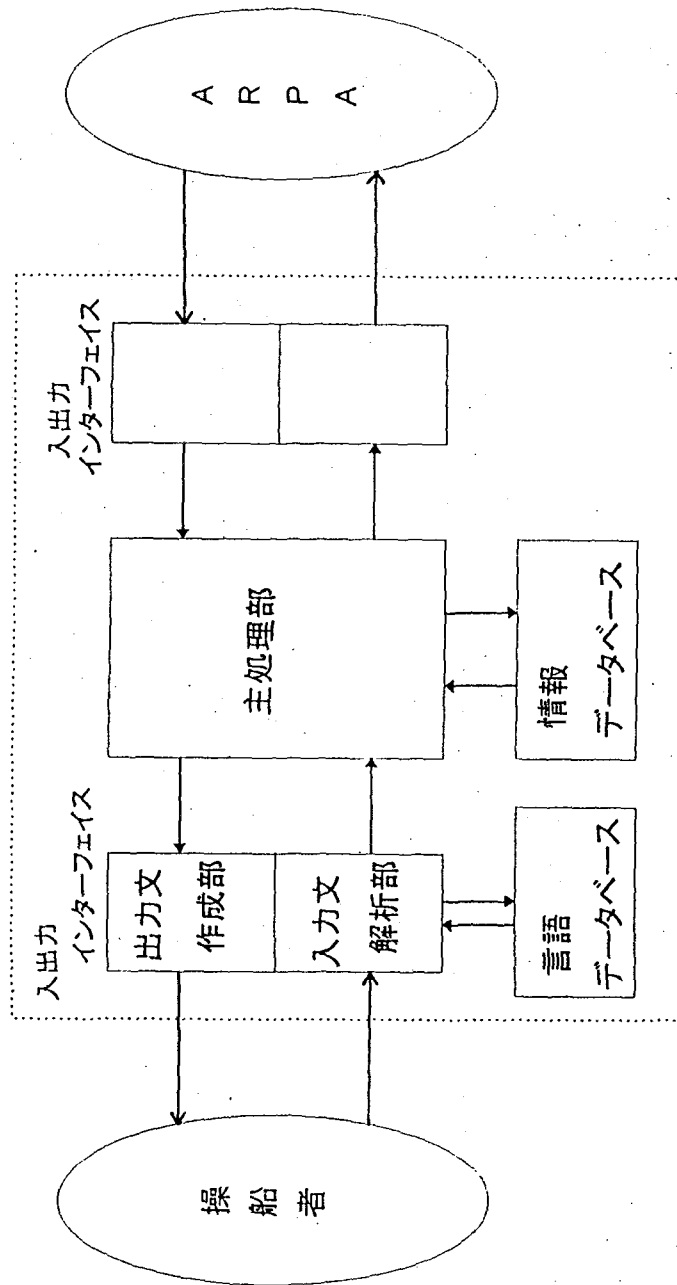


図 3-3 他船情報支援システムモデルの構成

3.4.1 入力文の解析

3.4.1.1 操船者との会話の流れの分類

船橋当直中の操船者と操舵手の間での指令や情報のやり取りは、言葉によって行われる。問いかけとそれに対する応答を一つの会話と考えると、その会話の繰り返しが行われているのである。

その会話は、大きく分けて四つのパターンに分けられる。これらのながれを図に示すと、図 3-4 のようになる。

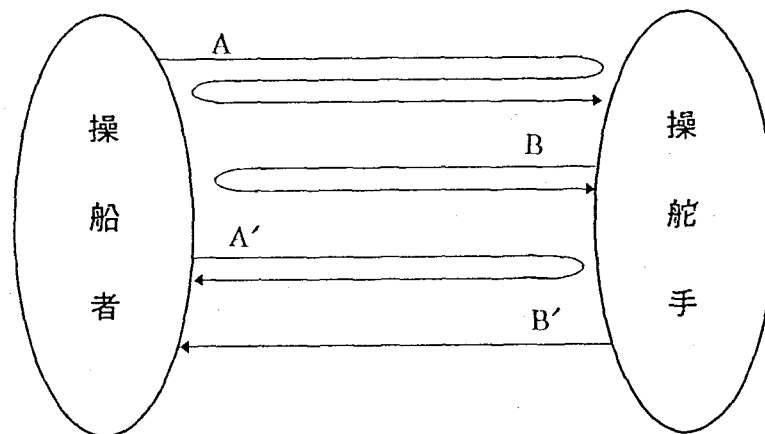
一つは、操船者から会話が始まるパターンである。その流れは、

- ①「操船者から指示が出さる → 操舵手が応答する → 操船者がその
応答に応答する」

というものである。

まず操船者が何らかの指示を出して、操舵手がそれに対して必要な情報を答える場合や、指令内容を了解したことを返答する場合、などである。操舵手が操船者の意図を理解できなかったときのように、操船者に聞き返すこともある。操舵手からの言葉に対して、操船者は、具体的な指令を出すこともあれば、「はい」などといった簡単な返事をすることもある。「はい」などの簡単な返事は、「操舵手が了解したということがわかった」という意味の返事である。

二つ目めの会話のパターンは、操舵手から会話が始まるパターンである。操舵



- A 操船者から指示が出さる→操舵手が応答する→操船者がその応答を理解する
- B 操舵手が報告する→操船者が了解する
- A' 操船者から指示が出さる→操舵手が応答する
- B' 操舵手が報告する

図 3-4 現在の会話のパターン

手が操船者に対して何らかの報告をして、それを操船者が了解する場合である。

それは、

②「操舵手が報告する → 操船者が了解する」

という流れである。

また、上記二つの会話の、最後の操船者から操舵手に対する了解した旨を伝える言葉がない場合がある。

例えば、最後の操船者が「はい」と了解する言葉が省略されても、操舵手は操船者は了解したと判断することがある。つまり、

③「操船者から指示が出さる → 操舵手が応答する」

という場合や、

④「操舵手が報告する」だけ

という流れである。このとき操舵手は、操船者の身振りなど、言葉にされない表現から操船者の意図を読み取っている。

人間と人間との意志疎通は、必ずしも言葉に限られず、身振り手振りや顔の表現によっても理解することができる。マンマシン系におけるこのような意思の伝達は、ノンバーバルインターフェイスとして研究が進められている。

今回構築するシステムでは、人間と機械とのコミュニケーションである。人間と人間との意志疎通の場面では、表情や身振りからある程度の判断を下せるが、人間対機械ではそのようにはいかない。つまり、操船者は、操舵手からの言葉を了解したときの「はい」という単純な返事を必ず出力することが必要になる。したがって、支援システム導入時の会話の流れのパターンは、図3-5に示すようなものになる。

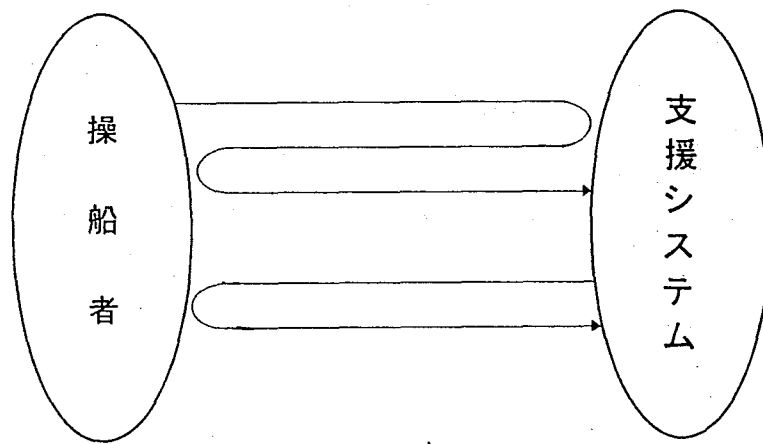


図 3-5 支援システム導入時の会話のパターン

3.4.1.2 操船者からの言葉の分類

操船者が操舵手に対し、どのような意図を含めて言葉を発するのかを検討すると、前に述べたように以下の3つのパターンに分類できる。

- (1) 機器操作の指示
- (2) 情報の要求
- (3) 単純な返事

さらに、支援システムの導入により、操船者が支援システムへ人間しか収集できない情報を入力する必要が発生するので、

- (4) 情報の入力

という分類が必要になる。

操舵手が言葉を解析するときには、含まれる間投詞なども理解するために使用される。それが無意味だと判れば無視される。ここで考える分類では、間投詞などの直接意味を持たないものは除去されているものとして、検討した。他船情報支援システムモデルの構築においても、間投詞などは除外した。

3.4.1.1 および 3.4.1.2 から、会話の流れと言葉の分類は表 3-3 のようになる。

表 3-3 会話の流れと言葉の分類

会話の流れ：A パターン

操船者の指令	→	システムの反応	→	操船者の反応
機器操作の指示		アンサーバック 作業終了報告 確認の問いかけ		単純な返事 単純な返事 問いかけに対する応答※
情報要求		アンサーバック 情報報告 確認の問いかけ		単純な返事 単純な返事 問いかけに対する応答※
情報入力		入力作業の終了報告		単純な返事
単純な返事		(返答しない)		

会話の流れ：B パターン

システムの報告	→	操船者の反応
情報の出力のうち、自ら出力する場合		単純な返事、 情報要求※

※印 は、操船者が言い直しをするので、新しい流れが始まったとする。すなわち、A パターンの左欄に相当すると考える。

3.4.1.3 パターンマッチ型構文解析

操船者からの言葉つまりシステムへの入力文は、

①構文構造が簡単である

②単語数が限定される

という特徴を持っている。

入力文解析部では、操船者からの言葉を先に述べた 4 つのパターンに分類できなければならない。自然言語の解析は一般に、形態素解析と句構造解析がおこなわれるが、これらの方法では構文構造や辞書が大きなものになってしまう。今回取り扱う文には上記のような特徴があるので、助詞の果たす意味上の役割と使用された単語の種類に着目し、比較的簡単に操船者の意図が捉えられるパターンマッチ型構文解析を行った。

(1) 使われる単語の種類による分類

入力文中に使われる単語は、次のような分類をすることが出来る。

①他船情報の項目を表す単語

たとえば、「距離」「方位」という単語である。

②人間が収集する情報の値を表す単語

たとえば、「赤い」「タンカー」という単語である。

③ ARPA が収集する情報の値を表す単語

たとえば、「2 マイル」という語である。これは、操船者が目測で2 マイルと見た対象船を「2 マイルくらいにいる船」と特定することでその船に関する情報を得ようとする場合である。

④ ARPA の操作を表す単語

たとえば、「追尾終了」という語である。

⑤ 了解や単純な返事を表す単語

たとえば、システムからの出力に対して了解したことが示される場合の、「はい」や「了解」という単語である。

(2) 助詞に注目した構文形態による分類

操船者の意図は、その文の構文形態によって判断できる。構文形態は、

- ・「主語（主部）」＋「述語（述部）」
- ・「述語（述部）」＋「主語（主部）」
- ・「主語（主部）」のみ
- ・「述語（述部）」のみ
- ・「名詞句」のみ

というパターンに分類できる。なお、今回は複文は検討しなかった。複文を分類するためには、形態素解析をきちんと行う必要があるからである。

入力文から意図をとるためには、主部と述語の分離、主部においての修飾語と主語の分離、が必要となる。なお、述部には、動詞や名詞があたることができるとする。

入力文が『名詞句のみ』、つまり入力文が一単語のみの場合には、その単語の種類によって意図を採る。しかしこの場合には、前の入力文を参照して限定するか、操船者に限定するよう求めないと判別することは困難である。

入力文が一つの文であるとき、助詞の「は」「の」を捉えることで主部と述部の分離、修飾語の切り出しをおこなう。そして、そこで使用された語の種類で操船者の意図を判断する。

このような入力文の解析の規則を、表 3-4 に示す。これらの規則に基づいて入力文の解析を行い、操船者の意図をとる。

3.4.1.4 言語データベース

今回構築する他船情報支援システムモデルでは、使用される単語の数が限定されるので、入力文の単語と言語データベースに登録された単語とをマッチングさせる方法をとった。言語データベースには、他船情報の項目をあらわす単語、ARPA の操作に関する単語、想定される了解をあらわす単語、指示代名詞が登録される。

それぞれの単語は、それが持つ意味によって分類されている。例えば、他船情報に関する単語のうち一次情報をさすものでは、距離を示す語、方位を示す語、速力を示す語、などで分類されている。これらは、情報データベースの情報項目と同一とする。「あぶない」というような加工情報を示す語も登録されている。

表 3-4 構文形態と語による操船者の意図の分類

1. 入力が一語のみ

解析は、単語の種類による
前の指令による

<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報を示す語 ・ 人の収集する情報の値を示す語 ・ ARPA の収集する情報の値を示す語 ・ ARPA 操作を示す語 ・ 了解を示す語 	<ul style="list-style-type: none"> → 情報要求、情報入力、機器操作 → 情報要求、情報入力 → 情報要求 → ARPA 操作 → (了解の伝達)
---	---

2. 入力一文である

「は」より前は主語 (主部)

「の」のつく語は修飾語	→ 対象となる情報、対象となる他船、を限定	→ それぞれの語で分類
「は」のつく語は主語	→ 要求する情報、要求する操作、を特定	
形容詞は修飾語	→ 対象となる情報、対象となる他船、を限定	

「は」より後は述語 (述部)

述語の種類による

<ul style="list-style-type: none"> ・ 疑問を示す語 ・ 人の収集する情報の値を示す語 ・ ARPA の収集する情報の値を示す語 ・ ARPA 操作を示す語 	<ul style="list-style-type: none"> → 情報要求 → 情報入力 → 情報要求 → ARPA 操作
---	---

形容詞などの活用の登録も必要である。

逆に、情報を述べる時の単位を示す語句から、情報の項目が引けるように登録されている。単位というのは、「マイル」「度」といった語であり、この場合は数字と合わせて使用される。「数字+単位を示す語」から、それぞれ「距離」「方位」を言っていることが判る。

3.4.1.5 過去の指令の保存

入力文は、話し言葉である。そのために、主語や述語の省略が有ったり、指示代名詞が使われたりする場合が多いと思われる。その場合には、操船者が前に発した文を参照して意味をとる必要がある。そのために、過去の解析結果を保存しておいて、必要なときには参照することができなければならない。

本来は、いくつか前の入力文であっても今の文と関連のあるものを引き出して参照すべきであるが、これを実現することは難しい。今回は、直前の一文を保存、参照するようにした。

3.4.2 他船情報の処理と情報データベース

操船者は、操船判断をおこなうために他船に関する情報を必要とする。その他船の情報は、「情報項目」、「対象となる他船」、「時間」によって特定されるか、それらの組み合わせから導き出されるものと考えられる。

操船者とシステムでは、他船の特定のし方の特徴が異なる。人間にしか収集できない情報項目がある。その上、人間はおおざっぱな捉え方をするし、ARPAは細かな数値での把握をするという違いがある。

3.4.2.1 必要情報の特定方法

(1) 情報項目を特定する場合

ある情報項目に該当する情報を入手したい場合である。この場合、欲しい情報項目そのものを指定することになる。一般に閾値を指定して、該当する情報の出力を指示するものである。

情報を特定する場合、その情報項目は一つか二つではないかと考える。人間にとって幾つもの情報をいっきに扱うことは難しい面がある。

いづれにせよ、情報項目を示す語は情報データベースの情報列の項目の語であり、操船者の言葉に含まれているかどうかははっきりしている。それが主語（主部）なのか述語（述部）なのかで意味が異なってくるのだが、この場合は主語になっているものである。

(2) 他船を特定する場合

ある他船についての情報をあつかう場合の特定方法である。初めて扱う他船をひとことで特定するのは難しい。まずは、操船者がもっている情報と ARPA で得られる情報とを使用して、対象他船のすり合わせをおこなわなければならない。どの他船を扱っているかがお互いで了解できたら初めて、操船者しか得ることのできない情報をデータベースに登録したり、ARPA の得る細かい数値情報を出力させたり出来るのである。

他船を限定するとき、その特定方法を二つに分類できる。ひとつは、情報項目によってグルーピングして絞り込んでいく方法である。もう一つは、情報のデータが操船者の示した値に対してどうであるか比較をする場合である。情報項目を表す語ではすべての他船が対象となる。それに対し、情報の値もしくは閾値が示されたときには、その情報項目の中でどれかが該当することになる。

操船者の言葉によっては、すべての他船が該当するということになったり、数隻が対象となったりする。あるグルーピングで複数の他船が該当したなら、もう一つ別の情報項目を使用してそれらを分別しなければ、ある一隻に絞り込むことはできない。操船者の特定した情報項目では判別できなかった場合には、支援システムから問い合わせることで絞り込んでいくという手段もある。

(3) 時間を特定する場合

人間にとって、距離や方位の目測と同じく、時間感覚もその時の状況によって左右される。例えば、3分前などと言ってもそれほど正確ではあるまい。

時間に関する情報では、ある情報項目についての時間変化やある他船の情報のうち時間変化したもの、という時系列での変化に注目したものが使用される。「情報項目」や「他船」に時間変化を加えて、情報データを特定する場合が多いと考えられる。

3.4.2.2 情報生成機能

操船者は、欲しい情報や他船の特定のために、情報項目にない情報も使用する。そのような情報は、情報項目で表わされる一次情報を幾つか組み合わせた加工情報である。操船者からの情報の要求に回答するためには、複数の情報を使用したり、加工情報を使用することも多い。例えば、「あぶない」船がいるかどうかを判断する場合である。

「あぶない船」の判断は、「自船からある距離以内」「自船と針路が交差する」「相対方位が変化しない」「距離が近づいてくる」ということから下される。さらに注意されなければならないのは、これらの条件が一時的なものは除外されるべきである、ということである。他船が変針中である場合、一時的に針路がクロスしたとしても影響はなかろう。時間軸での判断をする必要がある。

加工情報を表す語はデータベースに登録されていて、その情報が求められたときには、一次情報からその加工情報を生成する。この機能は、支援システムの重

要な機能である。

3.4.3 操船者の意図を確認するための機能

入力文の解析を行ったときや情報データベースへアクセスをするとき、支援システムがその一文だけで、操船者が思ったとおり 100%の作業が出来るとは限らない。操船者に対して確認を行うべき場合があると考ええる。

(1) 入力文の解析をおこなうとき

一つは、入力文を完全に解析することができなかった場合である。例えば操船者の使った単語が言語データベースに登録されていなかったり、助詞がシステムの想定外の使われ方をした場合である。また今回のシステムでは、漢字で記述されたか平仮名で記述されたかを利用して、形態素解析を省略しているため、漢字で書かれると想定している語が平仮名で書かれたときには解析ができないことがある。

操船者の指令は話し言葉であるから、発せられるパターン全てを検討することは不可能である。その対策として、操船者に対してアンサーバックをすることにより、システムが受け取った操船者の意図を操船者に確認させることが必要である。

(2) 情報を特定する場合

別の場合として、操船者の特定した情報を検索した結果、複数の情報が得られた場合があろう。操船者が示した条件に該当した複数の情報をただ出力するだけでは、操船者には十分に伝わらないだろう。問い合わせをすることで、操船者の最も注目している他船について、情報を出力することが出来ることになる。

3.4.4 出力文の作成

出力文の作成では、主に、入力文解析部から送られてくる中間表現文と情報データベースから得られた情報とを合成する作業を行う。述部を出力する文にふさわしいように加工する作業も行う。情報を出力するだけでなくその出力方法を問いかけることも、よりよい出力方法を選択するために必要となる場合もかんがえられる。

(1) 中間表現文と情報との合成、加工のみをおこなう場合

操船者の言葉に一対一で対応した情報を得ることが出来る場合には、中間表現文に得られた情報を当てはめるのは、そう難しい作業ではない。なぜなら、言葉一つ一つに印を付けて機械にわかりやすく加工したものが、中間表現文であるからである。

中間表現文は、単語に印が付いたこと以外は入力文のままである。そのため、操船者に出力する前に、文型を直す必要がある。たとえば入力文が疑問文だった

とき、情報を合成して出力されるときには、肯定文に直されていなければならない。

もし、複数の情報が該当した場合には、情報の順番が検討されるべきである。距離を尋ねられて3隻の他船が該当した場合には、距離の近い順に出力して構わないであろうが、5隻が該当した場合には、「近いものから出力しますか」とか「5隻ありますが、どのように出力しますか」と、操船者に問い合わせをするほうが良いと思われる。

(2) サンプル文から出力する場合

先に例示した「近いものから報告しますか」というようなシステムから操船者への問いかけの文は、出力文作成部に用意されていた文であり、それが閾値によって出力される。

操船者の特定する条件に合致する他船がいなかった場合にも、用意されていた文での出力になる。当然のことだが、データベースに情報が蓄積されていないことと合致する他船がないことは、明らかに区別されなければならない。

第4章 他船情報支援システムモデルの実現と評価

4.1 他船情報支援システムモデルの実現

4.1.1 処理の概略

他船情報支援システムモデルは図 4-1 のような流れおよび処理方法で実現されている。

日本語入力システムは、MS-Windows 付属の MS-IME を使用した。船で使われる用語はあまり持っていないようなので、船橋当直で使われる語をユーザ辞書に登録した。

ここまで述べてきた他船情報支援システムモデルの処理は、プログラミング言語 AWK を用いて実現した。

プログラミング言語 AWK は、

- ・ 正規表現を使った文字列のマッチング機能が強力である
- ・ 変数に型がないので宣言が不要である
- ・ 表構造のデータの取り扱いに長けている

といった特徴を有する。

パターンマッチによる構文解析と表形式の情報データの取り扱いが主となる他船情報支援システムモデルの実現には、この言語 AWK は適した言語であるといえる。

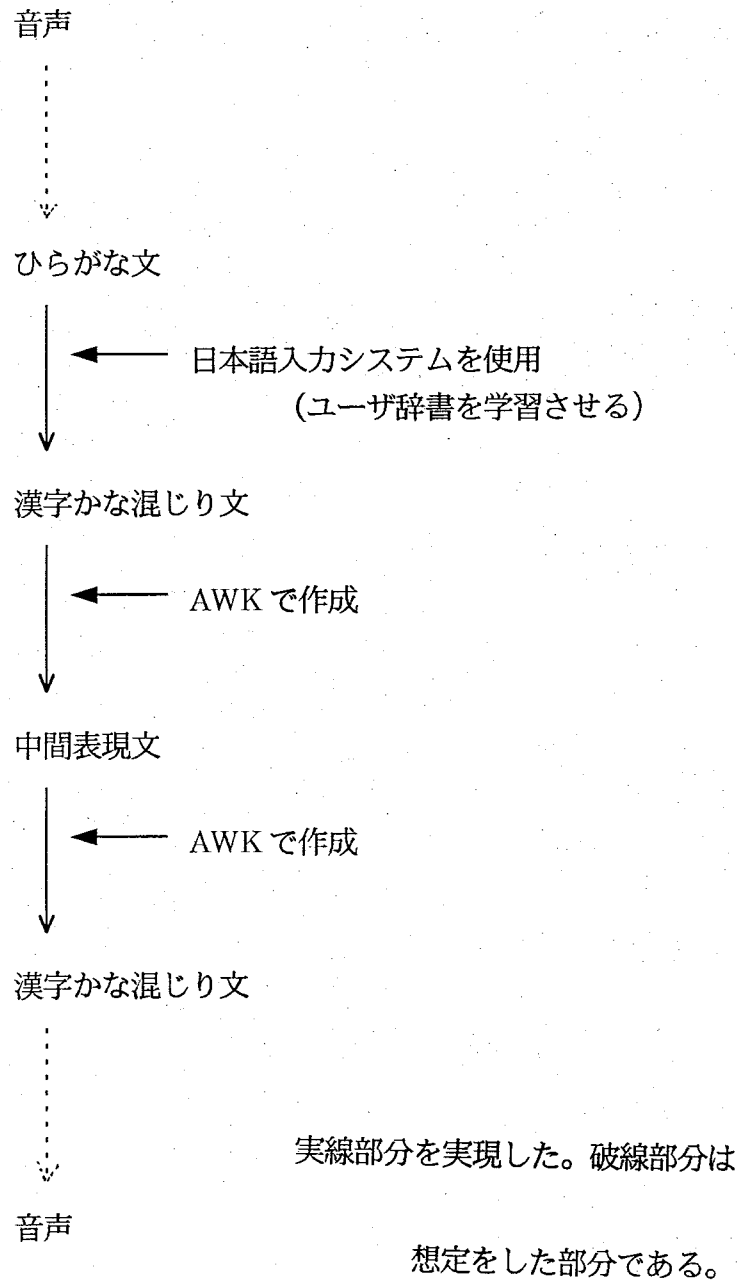


図 4-1 他船情報支援システムモデルでの処理方法

4.1.2 入力文解析部における処理

操船者からの指令は、パソコンのキーボードから打ち込む。日本語入力システムを利用して漢字かな混じり文に変換するが、このとき使用されるユーザ辞書等にいわゆる専門用語である単語を登録しておく必要がある。

キーボードから入力されて漢字かな混じり文に変換された指令が、図 4-2 中の 1.の文である。

まず、この文の中から助詞を取り出す。この文では「の」「は」が該当する。助詞を見つけたら、図中 2.のようにマークする。

そして、今度は言語データベースに登録された語とマッチングを取り、指令を特定するための語を取り出す。ここでは、「右」や「距離」という語がマッチする。マッチした語は括弧で括る（図中 3.の文）。ここで、(TR:右)のように、記号が付加されているが、これはこの語のジャンルを示すものであり、情報データベースの情報項目と一致している。

この例文は、距離情報を要求している。このことは、助詞の「は」が「距離」についていることで判断できる。そこで「距離」に「?」記号を付けておき、情報を検索するとき使用する。

4.の文は、出力文の作成のために保存される。情報を獲得するためには、助詞は必要ないので削除し、情報データベースへのアクセスに必要な項目のみを抜き出す（図中 5.）。

入力文解析

1. 右の赤い船の距離はいくら。
2. 右-の-赤い船-の-距離-は-いくら。
3. (TR:右) -の- (赤い) (船) -の- (TD:距離) -は- (QQ:いくら)。
4. (TR:右) -の- (TC:赤い) (船) -の- (TD:距離:?) -は- (QQ:いくら)。
5. (TR:右)
(TC:赤い)
(TD:距離:?)

図 4-2 入力文の処理過程

4.1.3 主処理部における処理

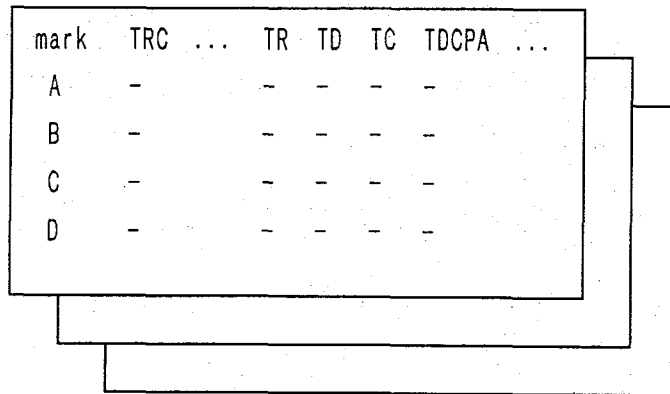
主処理部では、入力文の解析結果をもとに、他船情報が格納されている情報データベースへアクセスし、必要な情報を獲得する作業を行う。情報データベースは前に述べたように、「情報項目」「他船」「時間」でアクセスすることができる。情報データベースのイメージを図 4-3 に示す。

情報データベースの「情報項目」は、ARPA で得られる一次情報と自船との相対運動計算をしたものを採った。情報データベースを図 4-4 に例示する。

「他船」は、システム上は何隻でも登録することが出来る。今回のデータベースでは、その動作が確認できればよいので、5 隻のデータを設定した。なお現在の ARPA の多くの機種では、追尾できるのは 20 隻程度である。

4.1.2 で述べた入力文の解析の後、情報データベースにアクセスする。例では、「右」と「赤い」という条件で絞り込みを行い、絞られた他船の距離情報を取り出す作業を行う。なお、操船者は「右」とだけ特定しているが、確認のために、システムから操船者へ出力する場合には「右 30 度」と発するようにした。情報の絞り込みのイメージを、図 4-5 に示す。

情報項目にない情報が要求された場合で、その語がどのような情報からなっているかのデータを保持していれば、情報データベースにアクセスし、情報を作り出すことが出来る。関係データに定義されている情報について、情報データベースの情報を使用して生成することが出来る。関係データベースにより、一つの語から複数の情報を引けるようになる。



mark	TRC	...	TR	TD	TC	TDCPA	...
A	-		-	-	-	-	
B	-		-	-	-	-	
C	-		-	-	-	-	
D	-		-	-	-	-	

「情報項目」と「他船」で表形式である
それらが「時間」で積み重ねられている

図4-3 情報データベースのイメージ

DB-MAN. DAT

```
# file name:db-man.dat  testfile!!
# DB-[man]-[現在]の形 (船記号) (情報項目: 情報内容)
# 区切りはTAB
```

mark	TR	TD	TTC	TTS	TDCPA	TTCPA
-	度	マイル	度	ノット	マイル	分
A	100	5	203	15	1_3	2

図4-4 情報データベースの一例

mark	TRC	...	TR	TD	TC	TDCPA	...
A	-		-	-	-	-	
B	-		-	-	-	-	
C	-		-	-	-	-	
D	-		-	-	-	-	



1. 全体の中から「TR」「TC」「TD」の項目だけを抜き出す。

mark	TR	TD	TC
A	-	-	-
B	-	-	-
C	-	-	-
D	-	-	-



2. TRのうち「右」に、TCのうち「赤い」に該当する他船を抜き出す。

mark	TR	TD	TC
A	-	-	-
D	-	-	-

3. このデータベースを他船ごとに見れば、「右の赤い船の距離」を得られる。

図 4-5 情報の絞り込みのイメージ

4.1.4 出力文作成部における処理

出力文作成部においては、入力文解析部の解析データと主処理部で獲得された情報とを合成し、出力文を作成する。

出力文作成の手順を、図 4-6 に示す。

出力文作成部が手に入れるデータは、図 4-6 の 1.のような入力文の解析結果と特定された情報の値である。

操船者からの入力文をもとにして出力文を作成するが、入力が疑問文だったりした場合には、述部を変えて肯定文にする必要がある。また、求める情報を述部にはめ込む必要がある。ここでは、主部と述部の区別に助詞の「は」を利用している。

操船者は「右」とだけ特定したが、右に該当する他船が何隻かある場合のため、また操船者とシステムのいう「右にいる他船」が一致していることが確認できるように、「右 30 度」というように情報を付加する。

さいごに、区別するために付けていた記号や括弧を取りさると、これが出力文である（図中 5.）。

図 4-6 には、操船者の示した条件に 1 隻しか該当しなかった場合である。複数隻が該当した場合にも、この作成方法で出力文を作成することができる。

出力文作成

1. 『(TR:右)-の-(TC:赤い) (船)-の-(TD:距離:?) -は-(QQ:いくら)。』
『
 (TR:右30度)
 (TC:赤い)
 (TD:2マイル:?)
』
2. (TR:右)-の-(TC:赤い) (船)-の-(TD:距離:?) -は-(QQ:いくら) です。
3. (TR:右)-の-(TC:赤い) (船)-の-(TD:距離:?) -は-(TD:2マイル:?) です。
4. (TR:右30度)-の-(TC:赤い) (船)-の-(TD:距離:?) -は-(TD:2マイル:?) です。
5. 右30度の赤い船の距離は2マイルです。

図 4-6 出力文の作成手順

中間表現文

(TR:右) -の- (船) -の- (TD:距離:?) -は- (QQ:いくら) ですか。

データ

mark	TR	TD
A	右30度	5マイル
B	右80度	3マイル
C	右25度	9マイル
D	右12度	4マイル
E	右34度	7マイル

出力文

右30度の船の距離は5マイルです。
右34度の船の距離は7マイルです。
右80度の船の距離は3マイルです。
右25度の船の距離は9マイルです。
右12度の船の距離は4マイルです。

図 4-7 出力文の作成例

4.2 他船情報支援システムモデルの評価

他船情報支援システムモデルの評価は、指令解析の機能と情報処理の機能について評価するために、次の項目についておこなった。

- (1) 操船者の意図をきちんと捉えることができるかどうか
- (2) 一次情報を元に加工情報を生成できるかどうか
- (3) 決められた情報をデータベースに蓄積できるかどうか
- (4) 情報データベースにアクセスして必要情報を取り出すことができるかどうか

操船者の言葉は、

- ・情報の要求をする
- ・ARPA 操作の指示をする
- ・情報の入力をする
- ・了解の返事をする

の4つのパターンに分けられる。このパターンを満たすような文を、入力文として評価に使用した。

評価に使用した入力文は次の通りである。

- ・情報の列を一つ特定し、その中から一つの項目の情報を出力させる

「右の船の距離はいくらですか。」

- ・ 閾値の評価を行って特定し、その中から一つの項目の情報を出力させる

「右 3 ポイントの船の速力はどのくらい。」

- ・ 情報を生成させる

「あぶない船はいるか。」

- ・ 指示代名詞を補完させる

「その距離は。」

- ・ 時間変化を検索させる

「前方の船は変針中か。」

- ・ 情報を入力させる

「左側の船は赤い。」

- ・ 操船者の返事を想定

「はい。」

以上を実際に解析してみた結果、次のような問題があることがわかった。

(1) 平仮名ならば助詞と判断してしまう問題

今回の入力文の解析では形態素解析がきちんとなされていないことから、この問題が発生している。助詞を認識する際に、平仮名で記されている自立語の一部分にマッチしてしまうことが発生した。

また言語データベースには、ほとんどの言葉は漢字で登録されており、その読みを平仮名で登録するということはされていない。平仮名での入力文がきちんと漢字かな混じり文に変換されなかった場合には、マッチすることができない上に、平仮名一文字が助詞として認識されてしまう。

日本語文は様々な品詞が直接連続している構造である。まず形態素に分解し、その上でパターンマッチ構文解析を行う必要がある。

(2) 省略の推定の問題

指示代名詞が使われたり、全くの省略があったりした場合には、その言葉の一つ前に発せられた言葉を使用して、補完する。しかし、たとえば幾つかの対象に関する複数の会話が重なり合っておこなわれたとき、直前の一文だけしか参照できないとなると、適切な補完ができない。

ただ一つ前の文を参照するのではなく、使われている語の関連から参照する文を確認できるようなアルゴリズムが必要であると考える。

(3) 言語データベースと情報データベースとの関連付けの問題

今回の支援システムモデルでは、入力文の解析に言語データベースに登録されている語を使用し、他船情報を取りうときには情報データベースに登録されている語を使用する。言語データベースには載っていて情報データベースにはない語があったりすると、処理ができなくなる。

今回は二つのデータベースを使用したけど、語を主とした一つのデータベースにまとめておいてもよいと感じた。

数値的な評価は行わなかったけど、語の登録がきちんとなされていること、情報の定義がきちんとなされていること、が守られれば、この支援システムの機能は有効であると思う。

4.3 情報支援システムの評価

船舶の運航において操船者は、必要な情報を入手して判断をし、必要な指令を出さなければならない。情報を入手する作業、指令を出す作業は、操船者にとって容易な手段であることが望ましい。

前述の他船情報支援システムモデルの評価に加えて、支援システムの評価は、次の点からおこなわれる必要がある。

(1) リアルタイムな反応が出来ること

操船者が何か指令を発したとき、それに対して迅速な反応をすることが出来る
ことが必要である。その反応とは、

- ・その指令を受けたことを示すメッセージを発すること
- ・指令を実行した結果を報告すること
- ・作業中でも、途中経過を報告すること

が挙げられる。すなわち、操船者が「どうした？」と気にしないでもよいような
反応をする必要がある。

もちろん、操船者から「どうした」と聞かれたときには、これにも上記のよう
に対応できるべきである。

(2) 操船者の意図を捉えることが出来ること

操船者が何をして欲しいのかを解らなければならない。それは、

- ・指令の種類を解ること
- ・実行すべき作業が判ること

である。これを間違えると操船者にとって意味をなさないどころか、船舶の運航
にとって危険な状況に陥る可能性もある。

(3) 適切な表現で出力できること

システム内部で適切な処理が行われたとしても、その報告が適切な表現でなか

ったら、操船者には理解できない。適切な表現で出力できなければならない。

第5章 まとめ

本論文では、航海当直中に操舵手が行っている作業をもとにして、操船者に対する情報支援について検討した。構築した他船情報支援システムモデルでは、言語解析の能力や取り扱える情報に制限があり、船橋当直のほんの一部分をカバーできるに過ぎない。しかしながら、今回検討した他船情報の処理は、よりよい情報支援のひとつのあり方として提案することが出来ると考える。

なお、本論文では、人間の持つ「推測する」とか「学習する」という機能は検討されていない。これはシステムに求められる重要な能力である。情報支援システムが実現されるとき、十分に検討されなければならない。

操船者の指令について、実際にどのような言葉が使われているのかを調査して、今回行った分類を検証する必要があると考える。この調査により、言語データベースの拡充もおこなえるであろう。また、他船情報だけではなく、必要な情報全般への対応を実現したい。もちろん情報生成のために、必要情報の構造の解析が必要となる。

本論文では音声による入力出力は実現しなかった。現在、パソコン上での音声合成は、比較的容易に実現されている。音声認識については、最近になって徐々に実用化が進んでいる。パソコンレベルで音声認識・音声合成が実用化されるならば、現在の船橋にパソコン一台を持ち込めば支援のレベルを格段に向上させることが出来る。

本論文で構築した他船情報支援システムモデルは、制約はあるものの、「言葉

で指令を受けて必要情報を生成する」という過程が実現できたと考える。今後の研究の役に立てば幸いである。

謝辞

修士論文作成に当たり、指導教授である今津隼馬先生には、多大なるご指導
ご助言をいただきました。ここに深く感謝いたします。

参考文献

1. 今津隼馬, 避航と衝突予防装置, 成山堂書店
2. 電子通信学会, 日本語情報処理
3. 林善男, 人間工学, 日本規格協会
4. 植村富士夫、富永浩之, awk でプログラミング, オーム社
5. プログラミング言語 AWK, トッパン